

[29] L-Niemann worm gear design system

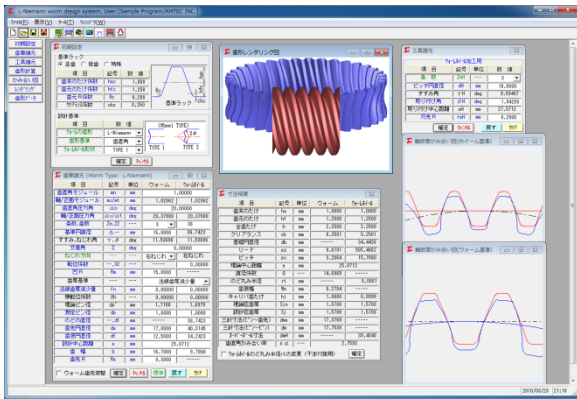


図 29.1 L-Niemann worm gear design system

29.1 概要

ウォームの歯形は、直線または凸歯形が多く使用されていますが、Niemann は凹歯形を提唱しました。そして台形ウォーム、インボリュートウォームおよび凸歯形ウォームに比較して凹円弧歯形のウォームの許容円周力はかなり大きくなることを Heyer は比較実験を行いこのことを証明しています。本ソフトウェアは、Niemann が提唱した歯形だけでなく任意に歯形半径を与えることができ、その歯形の CAD データ出力、3D 歯形かみ合い、歯車寸法を計算・表示します。

29.2 基準ラック

図 29.2 に基準ラックの設定画面を示します。歯だけは並歯、低歯、特殊だけに対応しています。また、歯形基準は歯直角および軸断面方向基準を選択することができます。

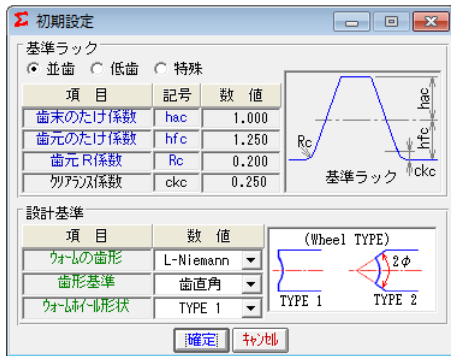


図 29.2 初期設定

29.3 歯車諸元設定

図 29.3 に歯車諸元の入力画面を示します。

- (1) 最大モジュールは 25 です。
- (2) ウォームの条数は 1~6 です。
- (3) 軸交差角を設定することができます。(オプション)
- (4) ウォームの凹半径を任意に与えることができます。
- (5) 歯厚基準は、法線歯厚減少量または横転位を選択することができます。
- (6) ウォームに歯先修整を与えることができます。

歯車諸元 (Worm Type: L-Niemann)				
項目	記号	単位	ウォーム	ウォームギヤ
歯直角モジュール		mm	1.0000	
軸/正面モジュール		mm	1.02062	1.02062
歯直角圧力角	α_n	deg	20.0000	
軸/正面圧力角	α_x/α_t	deg	20.37880	20.37880
条数, 歯数	Z_w, Z_2	---	3	36
基準円直径	$d, --$	mm	15.0000	36.7423
すすみ, ねじれ角	γ, β	deg	11.53696	11.53696
交差角	Σ	deg	0.0000	
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	右ねじれ
転位係数	$--, X_2$	---	----	0.0000
凹 R	R_m	mm	15.0000	----
歯厚基準	---	---	法線歯厚減少量	
法線歯厚減少量	f_n	mm	0.0000	0.0000
横転位係数	X_h	---	0.0000	0.0000
理論ピン径	dp^*	mm	1.7100	1.6979
測定ピン径	dp	mm	1.8000	1.8000
のどの直径	$--, dt$	mm	----	38.7423
歯先円直径	da	mm	17.0000	40.3145
歯底円直径	df	mm	12.5000	34.2423
設計中心距離	a	mm	25.8712	
歯幅	b	mm	16.7000	9.7000
歯先 R	R_a	mm	0.3000	----

図 29.3 歯車諸元

29.4 工具設定と寸法結果

ウォームホイール加工用のホブ諸元を設定します。ホブ取付角の標準値は軸方向ピッチを合わせた角度です。ホブの直径およびホブ取付角によりホイールの歯形は変化します。図 29.4 に工具諸元設定画面を、図 29.5 に L-Niemann ウォームギヤの寸法を示します。

工具諸元			
ウォームホイール加工用			
項目	記号	単位	数値
条数	Z_wH	---	3
基準円直径	dH	mm	18.0000
すすみ角	γH	deg	9.59407
取り付け角	βH	deg	1.94289
取り付け中心距離	aH	mm	27.3712
刃先 R	raH	mm	0.2000

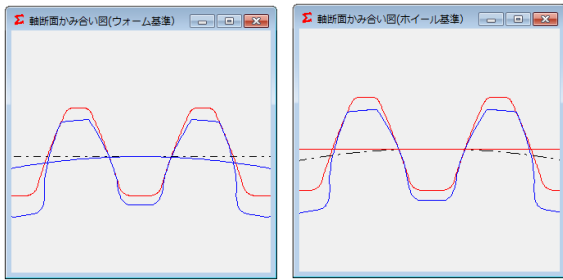
図 29.4 工具諸元

寸法結果				
項目	記号	単位	ウォーム	ウォームギヤ
歯末のたけ	ha	mm	1.0000	1.0000
歯元のたけ	hf	mm	1.2500	1.2500
全歯たけ	h	mm	2.2500	2.2500
クリアランス	ck	mm	0.2501	0.2501
基礎円直径	db	mm	----	34.4426
リード	p_z	mm	9.6191	565.4862
ピッチ	p_x	mm	3.2064	15.7080
理論中心距離	a	mm	25.8712	
直径係数	Q	---	14.6969	----
のど丸み半径	rt	mm	----	8.0001
歯底幅	W_n	mm	0.2704	----
キャリア歯たけ	hj	mm	1.0000	0.9999
理論弦歯厚	S_{j0}	mm	1.5708	1.5708
設計弦歯厚	S_j	mm	1.5708	1.5708
三針寸法(ピッチ~歯先)	d_{ma}	mm	17.3769	----
三針寸法(ピッチ~歯底)	d_m	mm	17.7538	----
ウォームの寸法	dmH	mm	----	39.4840
歯直角かみ合い率	ε_α	---	2.7593	

図 29.5 L-Niemann ウォームギヤの寸法

29.5 歯形

歯形かみ合い図を図 29.6 に、歯形レンダリングを図 29.7 および図 29.8 に示します。図 29.8 ではかみ合い接触線を歯面中央に確認することができます。



(a) ウォーム基準 (b) ホイール基準

図 29.6 歯形かみ合い

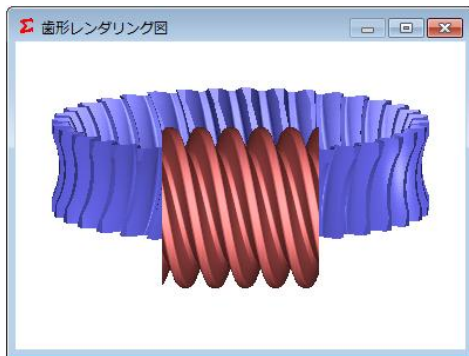


図 29.7 歯形レンダリング 1

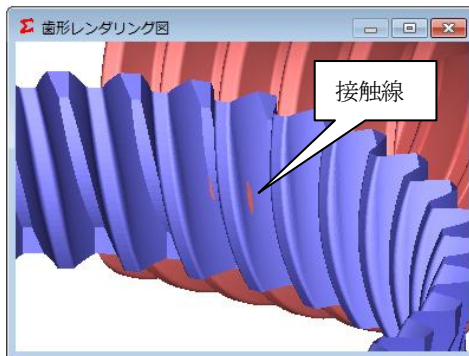


図 29.8 歯形レンダリング 2

29.6 CAD 作図例

生成した歯形を CAD データに出力することができます。図 29.9 に出画面を、図 29.10 にウォームとホイールの CAD 作図例 (IGES) を示します。

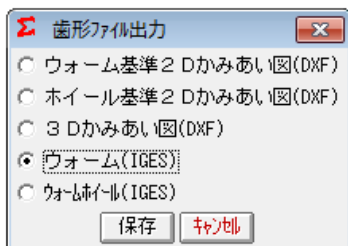
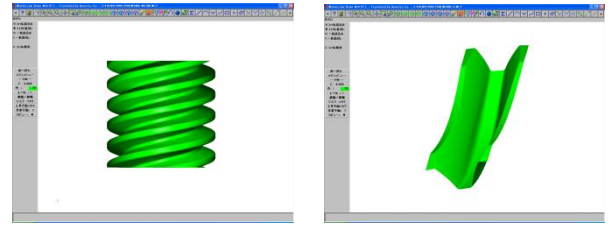


図 29.9 歯形データファイル出力



(a) ウォーム (b) ホイール

図 29.10 CAD 作図例(3D-IGES)

29.7 軸交差角対応 L-Niemann worm gear (オプション)

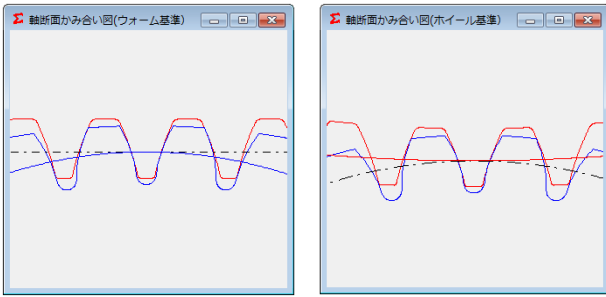
軸交差角を 20 度とした場合の設計例を図 29.11 および図 29.12 に示します。また、歯形図を図 29.13~29.15 に、CAD 作図例を図 29.16~29.17 に示します。軸交差角は±45 度まで入力可能です。

歯車諸元 (Worm Type: L-Niemann)				
項目	記号	単位	ウォーム	ホイール
歯直角モジュール	m_n	mm	2.00000	
軸/正面モジュール	m_x/m_t	mm	2.01008	2.13858
歯直角圧力角	α_n	deg	18.00000	
軸/正面圧力角	α_x/α_t	deg	18.08479	19.15889
条数, 歯数	Z_w, Z_2	---	1	35
基準円直径	d, d_2	mm	20.0000	74.8501
すすみ, ねじれ角	γ, β	deg	5.73917	20.73917
交差角	Σ	deg	15.00000	
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	右ねじれ
転位係数	x, x_2	---	----	0.00000
凹 R	R_m	mm	20.0000	----
歯厚基準	---	---	法線歯厚減少量	
法線歯厚減少量	f_n	mm	0.80000	-0.80000
横転位係数	x_h	---	-0.42058	0.42058
理論ピン径	d_p^*	mm	3.3220	3.3447
測定ピン径	d_p	mm	3.0000	3.0000
のどの直径	d, d_t	mm	----	78.8503
歯先円直径	d_a	mm	24.0000	82.3951
歯底円直径	d_f	mm	15.0000	69.8503
設計中心距離	a	mm	47.4251	
歯 幅	b	mm	32.8000	15.2000
歯先 R	R_a	mm	0.2000	----

図 29.11 歯車諸元 1

寸法結果				
項目	記号	単位	ウォーム	ホイール
歯末のたけ	h_a	mm	2.0000	2.0001
歯元のたけ	h_f	mm	2.5000	2.4999
全歯たけ	h	mm	4.5000	4.5000
クリアランス	ck	mm	0.4999	0.4999
基礎円直径	d_b	mm	----	70.7043
リード	p_z	mm	6.3149	583.7049
ピッチ	p_x	mm	6.3149	16.6773
理論中心距離	a	mm	47.4251	
直径係数	Q	---	3.3493	----
のど丸み半径	r_t	mm	----	9.0000
歯底幅	W_n	mm	1.4352	----
キャリア歯たけ	h_j	mm	2.0000	2.0001
理論弦歯厚	S_{j0}	mm	3.1416	3.1416
設計弦歯厚	S_j	mm	2.3004	3.9828
三針寸法(ピン~歯先)	d_{m3}	mm	22.4528	----
三針寸法(ピン~ピン)	d_m	mm	20.3056	----
オグーナル寸法	d_{mH}	mm	----	80.3518
歯直角かみ合い率	$\varepsilon \alpha$	---	3.1098	

図 29.12 歯車寸法



(a) ウォーム基準 (b) ホイール基準

図 29.13 歯形かみ合い

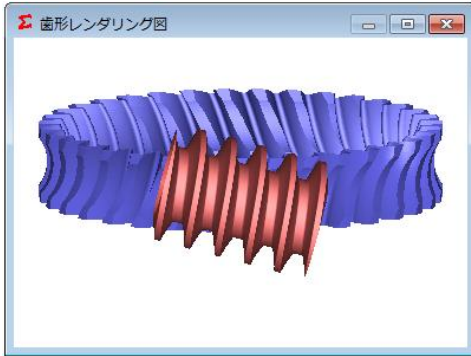


図 29.14 歯形レンダリング 1

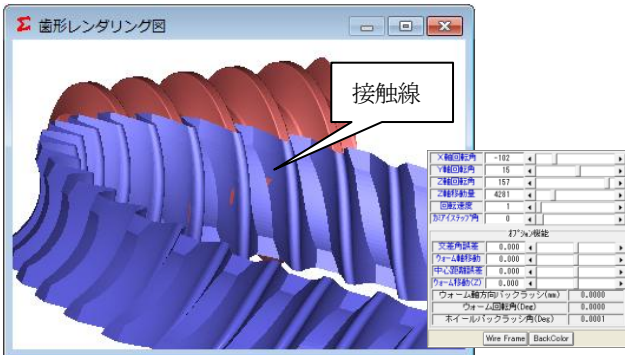
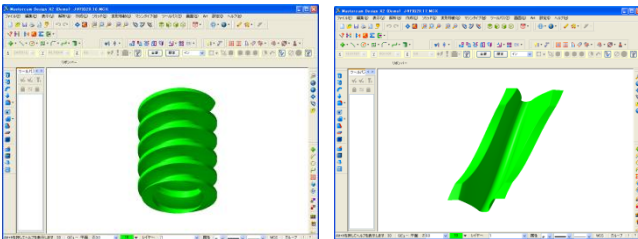
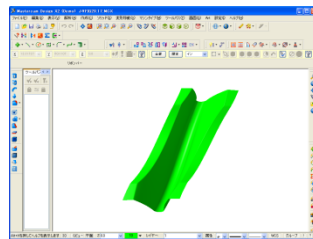


図 29.15 歯形レンダリング 2



ウォーム(3D-IGES)

図 29.16 CAD 作図例



ホイール(3D-IGES)

図 29.17 CAD 作図例

29.7 傾斜角度が-20度の設計例

軸交差角を-20度とした場合の諸元設定を図 29.18 に、工具諸元と寸法を図 29.18、図 29.20 にそして歯形レンダリングを図 29.21 に示します。ウォームねじれ方向と交差角を逆にすると接触線は同方向に比べ長くなっていることが解ります。

項目	記号	単位	ウォーム	ホイール
歯直角モジュール	mn	mm	1.00000	1.00000
軸/正面モジュール	mx/mt	mm	1.02062	1.01101
歯直角圧力角	α_n	deg	20.00000	20.00000
軸/正面圧力角	α_x/α_t	deg	20.37880	20.20246
条数, 歯数	Zw, Z2	---	3	36
基準円直径	d, --	mm	15.0000	36.3963
すすみ, ねじれ角	γ, β	deg	11.53696	-8.46304
交差角	Σ	deg	---	-20.00000
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	左ねじれ
転位係数	--X2	---	---	0.00000
凹R	Rm	mm	15.0000	---
歯厚基準	---	---	法線歯厚減少量	---
法線歯厚減少量	fn	mm	0.00000	0.00000
横転位係数	Xh	---	0.00000	0.00000
理論ピッチ	dp'	mm	1.71000	1.6987
測定ピン径	dp	mm	2.0000	2.0000
のどの直径	--dt	mm	---	38.3964
歯先円直径	da	mm	17.0000	38.9348
歯底円直径	df	mm	12.5000	33.8964
設計中心距離	a	mm	---	25.6982
歯 幅	b	mm	16.7000	9.7000
歯先 R	Ra	mm	0.3000	---

図 29.18 歯車諸元 2

項目	記号	単位	数 値
条 数	ZwH	---	3
基準円直径	dH	mm	16.0000
すすみ角	γ H	deg	10.80692
取り付け角	β H	deg	-19.26996
取り付け中心距離	aH	mm	26.1982
刃先 R	raH	mm	0.3000

図 29.19 工具諸元

項目	記号	単位	ウォーム	ホイール
歯末のたけ	ha	mm	1.0000	1.0001
歯元のたけ	hf	mm	1.2500	1.2500
全歯たけ	h	mm	2.2500	2.2500
クリアランス	ck	mm	0.2500	0.2500
基準円直径	db	mm	---	34.1571
リード	pz	mm	8.6191	-775.7791
ピッチ	px	mm	3.2084	-21.5494
理論中心距離	a	mm	---	25.6982
直径係数	Q	---	14.8969	---
のど丸み半径	rt	mm	---	7.0000
歯底幅	Wn	mm	0.2728	---
キャリア歯たけ	hj	mm	1.0000	1.0000
理論歯厚	Sjo	mm	1.5708	1.5708
設計歯厚	SJ	mm	1.5708	1.5708
三針寸法(ピン〜歯先)	dma	mm	17.7893	---
三針寸法(ピン〜ピン)	dm	mm	18.5786	---
オグ〜寸法	dmH	mm	---	38.8937
歯直角かみ合い率	$\varepsilon \alpha$	---	---	2.7426

図 29.20 歯車寸法

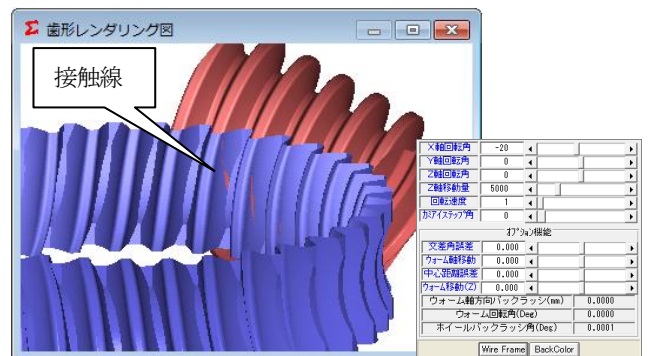


図 29.21 歯形レンダリング